

Dimensionnement des massifs et des structures pour les installations photovoltaïques

Module : SES 21

2022 - 2023

Niveau : 2 éme année



Formateur : M. Hamza HAMAOUI

CALCUL DE LA FORCE DU VENT

π

Les vents forts peuvent être très destructeurs, car ils exercent une pression contre la surface d'une structure, l'intensité de cette pression est appelée « force du vent ». L'effet du vent dépend de la taille et de la forme de la structure.

le calcul de cette force est nécessaire pour dimensionner les massifs photovoltaïques ainsi il est défini par la formule suivante :

$$F = \frac{1}{2} * C_x * \rho * V^2 * S$$

Avec

F : Force du vent [N]

C_x : Coefficient de pénétration de l'air

ρ: Masse volumique du vent ou densité [kg/m3]

V : Vitesse du vent [m/s]

S: Surface exposée au vent [m^2]

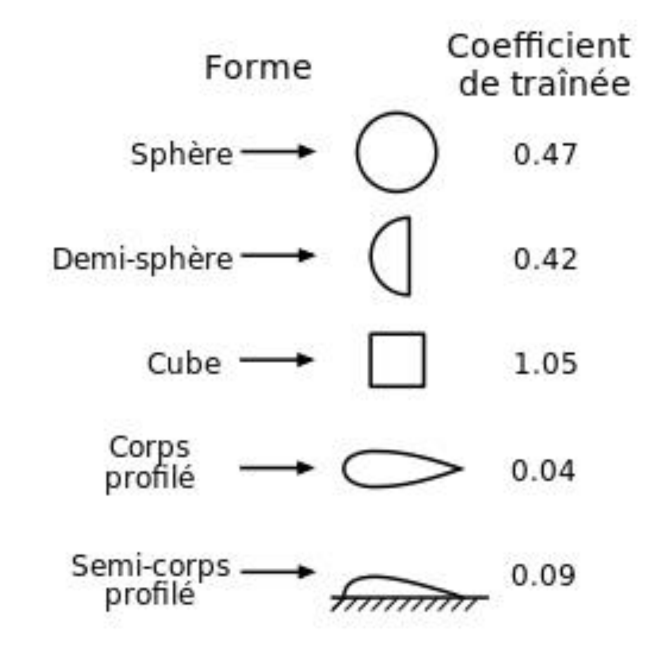
CALCUL DE LA FORCE DU VENT

Coefficient de pénétration de l’air

La première valeur de cette formule est le coefficient de pénétration de l’air désigné par Cx. Sa valeur varie en fonction de la surface frontale sur laquelle le vent va s’exercer. Elle est toujours comprise entre 0,07 et 1,4 et peut aller de la forme ovoïde à la demi-sphère.

Dans le cas qui nous intéresse, c’est à dire une surface plane verticale qui fait face au vent, on a une valeur de Cx toujours égale à 1.





Mesures des coefficients de traînée

CALCUL DE LA FORCE DU VENT

Surface exposée au vent

La deuxième valeur est la surface sur laquelle le vent exerce sa force. Elle est désignée par "S" et s'exprime en mètre carré [m^2]. Habituellement, il suffit juste de calculer la section de l'objet en question, à savoir la longueur de l'élément multipliée par sa largeur.

$$S = A * L$$

Avec

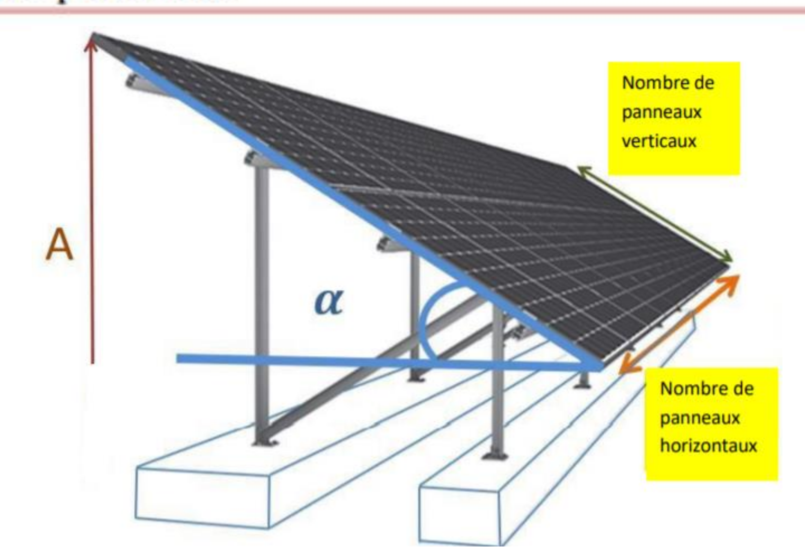
A : Distance entre le massif et l'extrémité des panneaux.

L = $N_{p.h}$ *(lp+D) – D

$N_{p.h}$: Nombre de panneaux Horizontaux

lp : Longueur ou largeur des panneaux (Selon le montage des panneaux : Portrait ou Paysage)

D : Distance entre panneaux



CALCUL DE LA FORCE DU VENT

π

La masse volumique de l'air

La troisième valeur est la masse volumique de l'air ou densité de l'air. Elle s'exprime en kg/m3 et est désignée par le symbole de "Rho". Cette valeur dépend essentiellement de l'altitude et de la température mais il est convenu qu'à une altitude 0 et à une température 0°C, la masse volumique de l'air est égale à 1,29 kg/m3 et cette valeur décroit au fur et à mesure que l'altitude augmente.

$$\rho = 1{,}992*(273{,}15/T)$$

Avec

T : Température en STC exprimée en °K

CALCUL DE LA MASSE BETON DES MASSIFS

π

Calcul de la masse total des massifs

$$m > F/g$$

Avec

m: Masse du béton des massifs

F : La force du vent

g= 9.81 N /Kg

A noter que pour que m soit supérieur à F/G On arrondie F/G à la **dizaine** près
(Exemple : Si F/G= 5 359,60 alors m= 5 360)

N.B : La masse calculé est la masse du béton total qui doit être répartie sur le nombre des massifs

CALCUL DU VOLUME TOTAL DES MASSIFS

Calcul du volume total des massifs

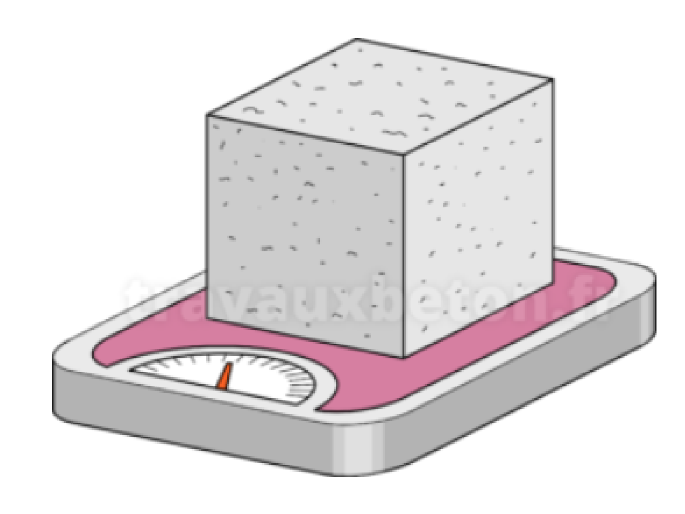
$$V = m/\rho$$

Avec

M : Masse du Béton
ρ_m : Masse volumique du béton (Soit 2 200 Kg/m3)

Masse volumique du béton

Le béton est un matériau pondéral : il pèse en moyenne 2 200 kg au mètre cube. Suivant les composants utilisés, le poids varie de 800 kg/m3 à 6 000 kg/m3. Tour d'horizon de la masse volumique du béton et de ses différents composants.



LES FORMES DES MASSIFS

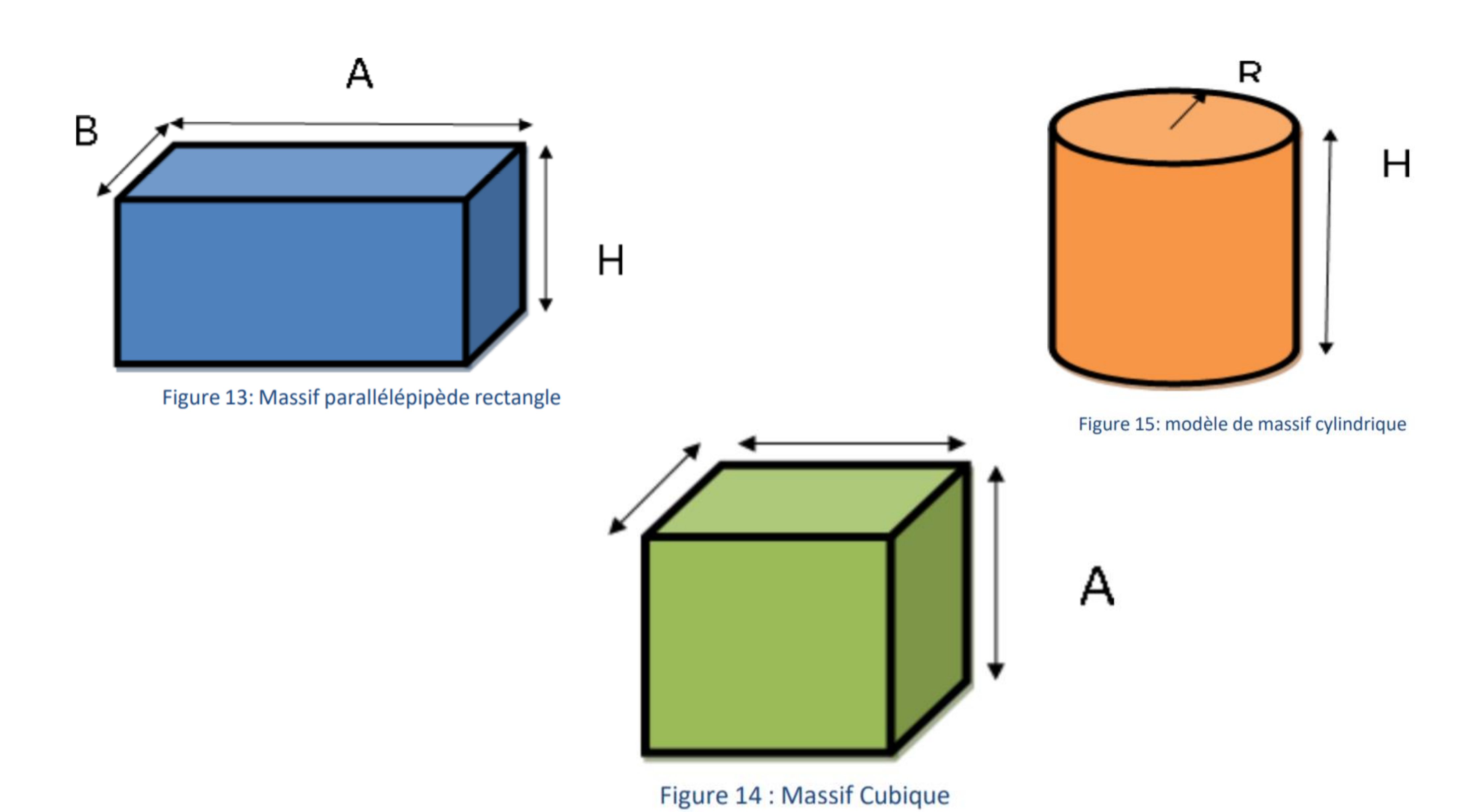


Figure 13: Massif parallélépipède rectangle

Figure 15: modèle de massif cylindrique

Figure 14 : Massif Cubique

CALCUL DU VOLUME DES MASSIFS

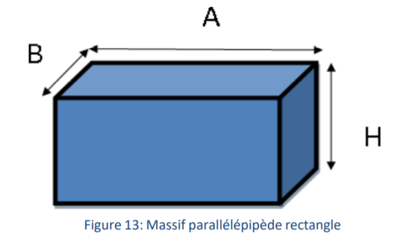


Figure 13: Massif parallélépipède rectangle

Calcul des dimensions des massifs rectangulaires

On sait que le volume d'un massif parallélépipède rectangle est égal au produit de la longueur de sa base L par la largeur de sa base l par sa hauteur h, soit :

Volume V = L * l * H

Dans notre cas la seule valeur connue est le volume ainsi pour résoudre cette équation à trois inconnues à noter la longueur, la largeur et la hauteur, il a fallu une estimation de la manière suivante :

D'un côté il est logique que la valeur de la longueur ne doit pas être inférieure à 30 cm, de même la valeur minimale de la hauteur est de 40 cm.

D'un autre côté j'ai considéré que :

Longueur = 1,75 * largeur
Longueur = 1,50 * Hauteur

CALCUL DU VOLUME DES MASSIFS

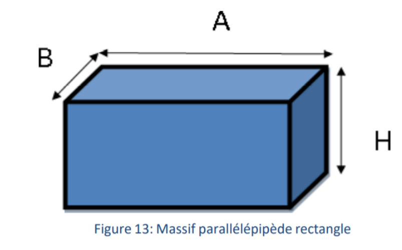


Figure 13: Massif parallélépipède rectangle

Calcul des dimensions des massifs rectangulaires

- ✓ **La longueur du massif est :**

$$L = \sqrt[3]{2,625 * V}$$

- ✓ **La largeur du massif est :**

✓ Si $\frac{L}{1,75} \leq 30$ alors $l = 30$ cm

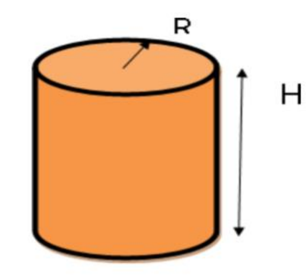
✓ Si $\frac{L}{1,75} > 30$ alors $l = \frac{L}{1,75}$ cm

- ✓ **La Hauteur du massif est :**

✓ Si $\frac{L}{1,50} < 40$ alors $H = 40$ cm

✓ Si $\frac{L}{1,50} > 40$ alors $H = \frac{L}{1,75}$ cm

CALCUL DU VOLUME DES MASSIFS



Calcul des dimensions des massifs cylindriques

Le volume d'un massif cylindrique est égal au produit de Pi par le carré de rayon R par sa hauteur h, soit :

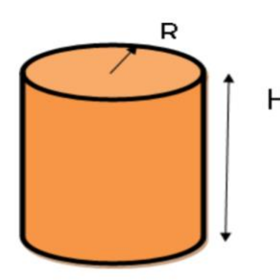
Volume $V = \Pi * R^2 * H$

De la même façon que dans le calcul des dimensions du massif parallélépipède rectangle, on a deux inconnues à savoir le rayon et la hauteur, c'est pour cela j'ai considéré que la hauteur ne doit pas être inférieure à 40 cm et que :

La Hauteur H = 1,50 * Rayon

Par conséquence le volume du massif est égal : **$V = \Pi * R^2 * 1{,}50 * R$**

CALCUL DU VOLUME DES MASSIFS



π

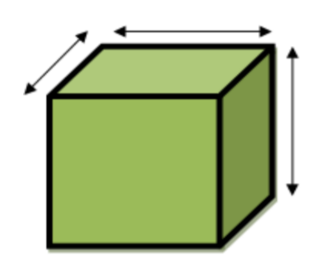
Calcul des dimensions des massifs cylindriques

$$R = \sqrt[3]{\frac{V}{1{,}50 * \Pi}}$$

- ✓ **La Hauteur du massif est :**

✓ Si $1,50 * R \leq 40$ alors $H = 40$ cm
✓ Si $1,50 * R > 40$ alors $H = 1,50 * R$ cm

CALCUL DU VOLUME DES MASSIFS



π

Calcul des dimensions des massifs cubiques

Le volume d'un massif Cubique est égal au cube de son côté C, soit :

Volume V = C^3

D'où :

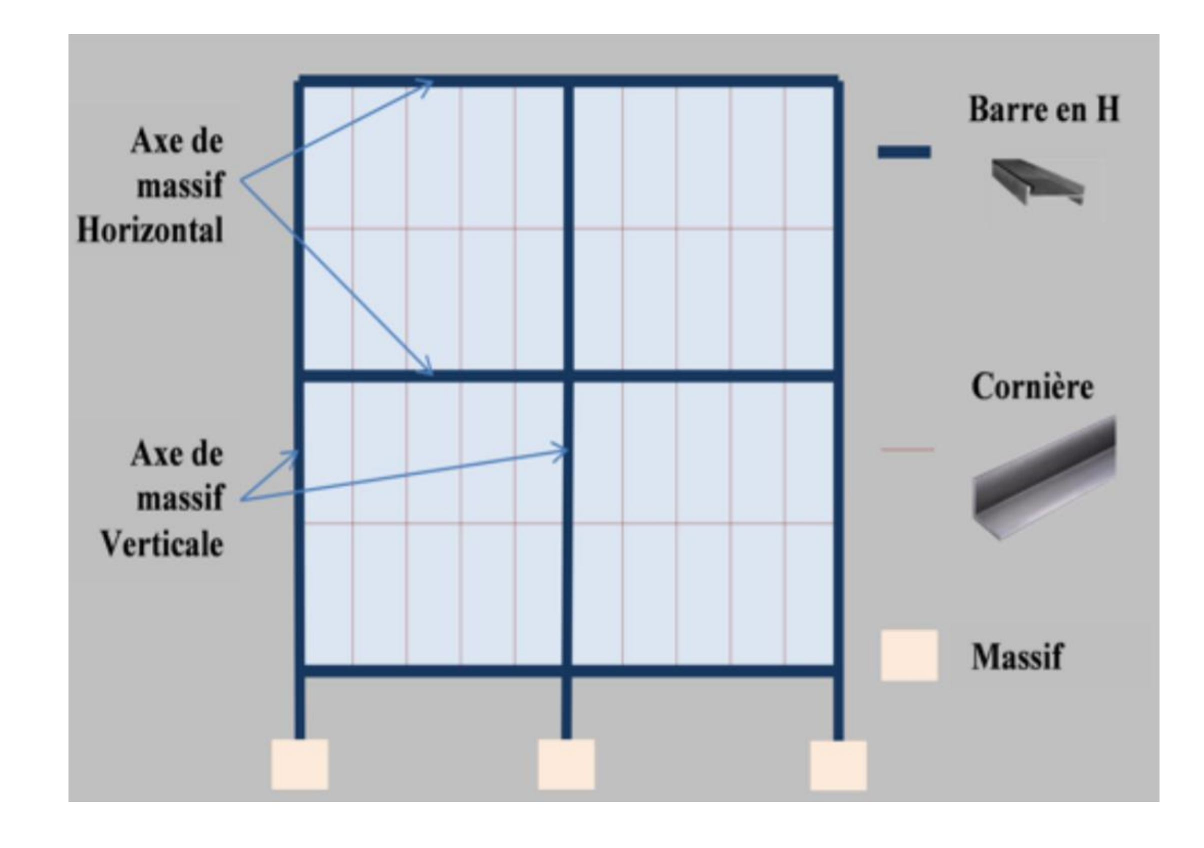
- ✓ **La longueur du côté du massif est :**

$$C = \sqrt[3]{V}$$

DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES

Calcul des longueurs des barres horizontales et verticales







DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES

Longueur des barres verticales

$$L_v = N_{p.v} * (lp + D) - D$$

Avec

Lv : longueur des barres verticales

$N_{p.v}$:Nombre de panneaux verticaux

lp : Longueur ou largeur des panneaux(Selon le montage des panneaux : Portrait ou Paysage)

D : Distance entre panneaux

Longueur des barres Horizontale

$$L_h = N_{p.h} * (lp + D) - D$$

Avec

L_h : longueur des barres horizontales

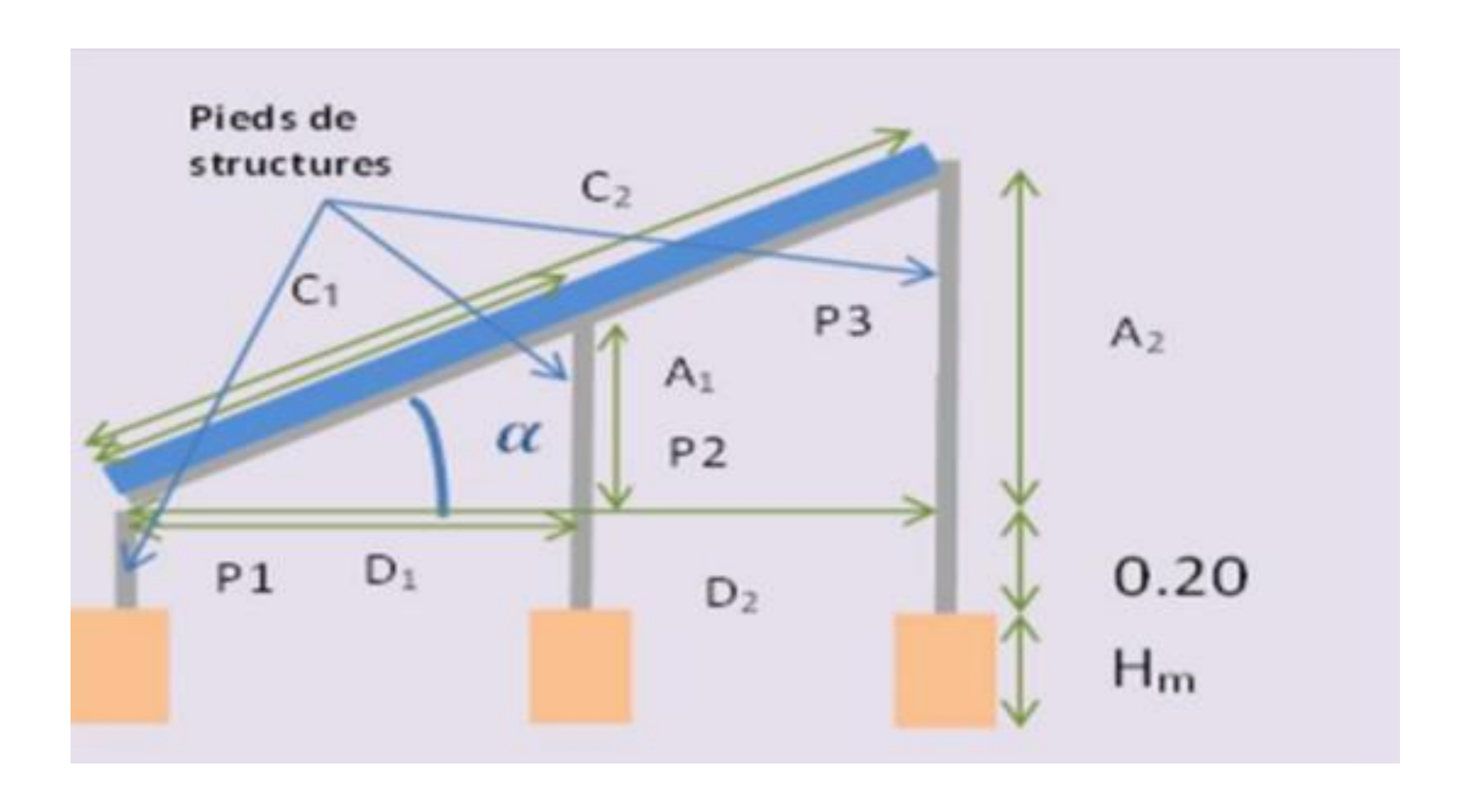
$N_{p.h}$: Nombre de panneaux horizontaux

lp : Longueur ou largeur des panneaux (Selon le montage des panneaux : Portrait ou Paysage)

D : Distance entre panneaux

DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES

Calcul des longueurs des pieds de la structure



Nombre de pieds = Nombre de massifs

DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES

Longueur du pied P1

$$Hp_1 = Hm + 0{,}20$$

Avec

Hp_1 : Hauteur du pied P1

Hm : Hauteur du massif

Longueur du pied P2

$$Hp_2 = Hp_1 + A_1$$

Avec

Hp_2: Hauteur du pied P2

Hp_1: Hauteur du pied P1

A_1 $= \sin \alpha * L/2$

L $= N_{p.v} *(lp+D) - D$

$N_{p.v}$:Nombre de panneaux verticaux

lp : Longueur ou largeur des panneaux (Selon le montage des panneaux : Portrait ou Paysage)

D : Distance entre panneaux

DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES

π

Longueur du pied P3

$$Hp_3 = Hp_1 + A_2$$

Avec

Hp_3: Hauteur du pied P3

Hp_1: Hauteur du pied P1

A_2 $= \sin \alpha * L$

L $= N_{p.v} * (lp+D) - D$

$N_{p.v}$:Nombre de panneaux verticaux

lp : Longueur ou largeur des panneaux(Selon le montage des panneaux : Portrait ou Paysage)

D : Distance entre panneaux

DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES

Calcul des longueurs des barres de renforcement

Les barres de renforcement servent à consolider la structure, tout en favorisant une meilleure distribution de la charge et assurer ainsi une bonne résistance de l’installation aux forces du vent. Il s’agit des barres en cornière qui relient le support et les pieds

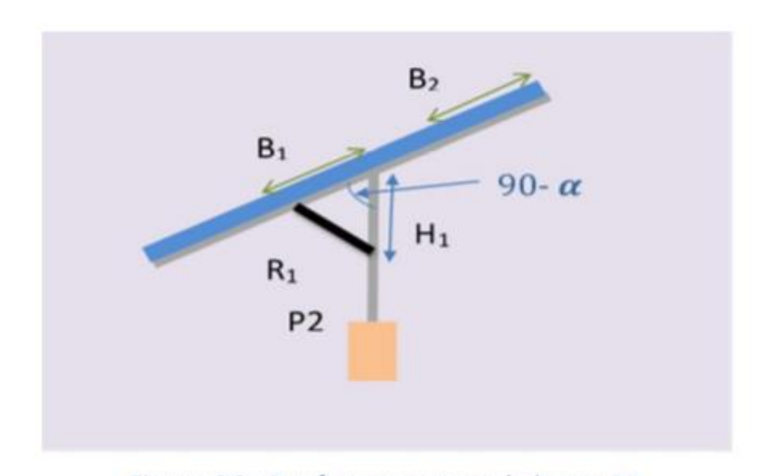


Figure 26 : Renforcement par la barre R1

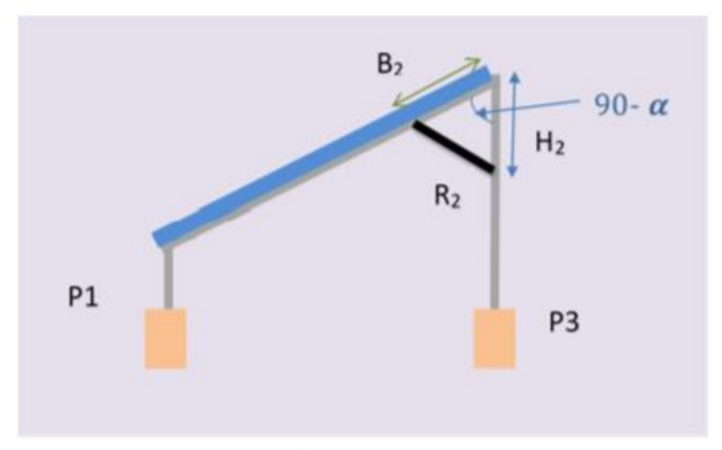


Figure 27 : Renforcement par la barre R2

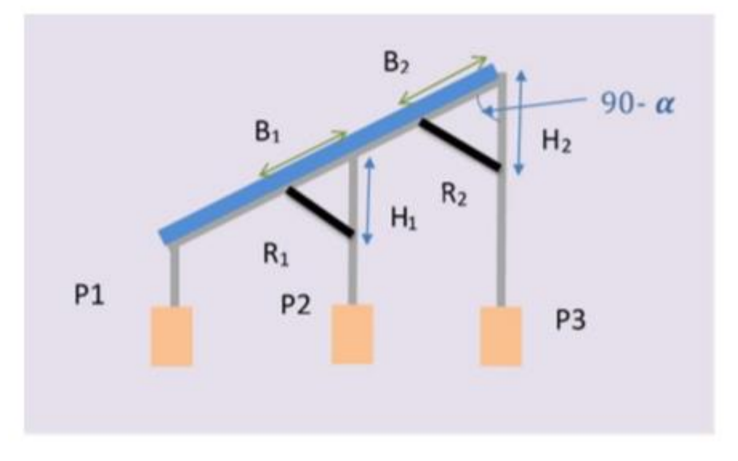


Figure 28 : Renforcement par les barres R1 et R2

Nombre de Barres R1 = Nombre de pied P2
Nombre de Barres R2 = Nombre de pied P3

DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES

Longueur des barre de renforcement R1

$$L_{R1} = \sqrt{B_1^2 + H_1^2 - 2B_1H_1\cos[90-\alpha]}$$

Avec

$B_1 = Lv/4$

H_1: $A_1/2$

$A_1 = \sin\alpha * L_V/2$

$L_V = N_{p.v} * (lp+D) - D$

L_V : longueur des barres Verticales

$N_{p.v}$:Nombre de panneaux verticaux

lp : Longueur ou largeur des panneaux(Selon le montage des panneaux : Portrait ou Paysage)

D : Distance entre panneaux

DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES

π

Longueur des barre de renforcement R2

$$L_{R2}=\sqrt{B_2^2 + H_2^2 - 2B_2H_2\cos[90-\alpha]}$$

Avec

B_2 .Lv/4

H_2: A_2 /2

A_2 = sinα* **L_V**

L_V = $N_{p.v}$ *(lp+D) – D

L_V : longueur des barres Verticale

$N_{p.v}$:Nombre de panneaux verticaux

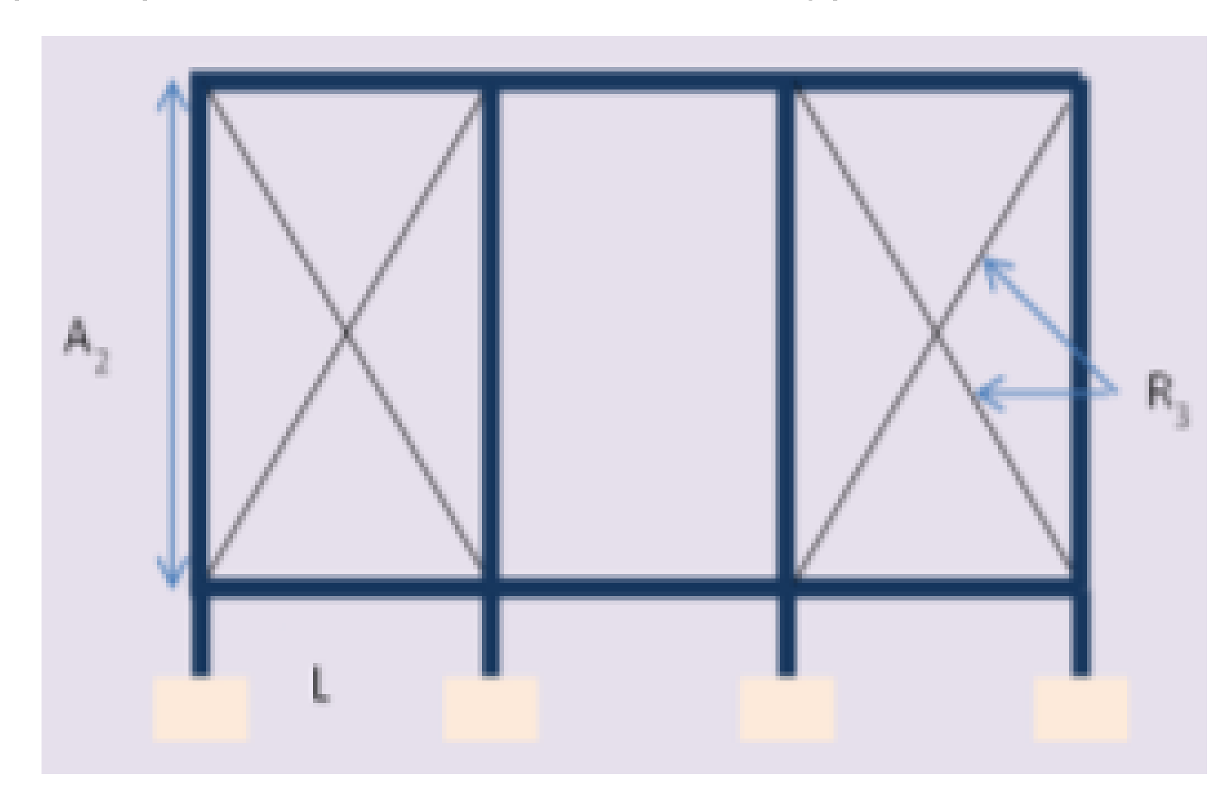
lp : Longueur ou largeur des panneaux (Selon le montage des panneaux : Portrait ou Paysage)

D : Distance entre panneaux

DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES

Calcul des longueurs des barres en X

Toujours dans le cadre d’un bon maintien de la structure, il est nécessaire de renforcer l’installation par des barres en X reliant deux paires de pieds de support, on a recours à ce genre de renforcement dans des installations dont le nombre d’axes verticaux est supérieur ou égale à quatre, tout en intercalant ces barres autrement dit une paire de barre est renforcée par des barres en X tandis que la paire suivante restera sans ce type de renforcement.



DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES

π

Calcul des longueurs des barres en X

$$L_{R3} = \sqrt{A_2^2 + L^2}$$

Avec

A_2 = sinα* **L_V**

L_V = Np.v *(lp+D) – D

L = Llı / (NAx.M.H – 1)

L_h= Np.h *(lp+D) – D

L_h : longueur des barres horizontales

$N_{Ax.M.H}$:Nombre d'Axes de massifs horizontales

$N_{p.h}$: Nombre de panneaux horizontaux

lp : Longueur ou largeur des panneaux (Selon le montage des panneaux : Portrait ou Paysage)

L_V : longueur des barres Verticale

$N_{p.v}$:Nombre de panneaux verticaux

lp : Longueur ou largeur des panneaux (Selon le montage des panneaux : Portrait ou Paysage)

D : Distance entre panneaux

Étude de cas :

Une installation PV de 18KWc situé à la région d'Oujda-Angad comporte 45 pv posé verticalement sur 3 rangée de 15 pv chacune avec un espacement de 30cm entre les pv dans toutes les directions ainsi que l'inclinaison des panneaux est de 30°.

- **Pc = 400 Wc / L pv= 1,63 m / l pv= 0,99 m / T = 25°C / V = 38,89 m/s / N = 18 massifs**
- **Dimensionnez les structures et les massifs de cette installation**
- **Réalisez une présentation 3D sur sketchup avec les dimensions réelles de cette installation**
- **Redimensionnez la même installation pour des massifs de type cubique puis rectangle et Réalisez une présentation 2D sur Autocad avec les dimensions réelles de cette installation.**

π